

Bericht des Instituts für Aerodynamik und Strömungstechnik
Report of the Institute of Aerodynamics and Flow Technology

IB 124-2014/1

**Klappenwirksamkeiten an den Aufbauprofilen des
SmartBlades Referenzblattes**

J. Wild, A. Manso Jaume

SmartBlades wird gefördert durch das Bundesministerium für
Umwelt unter Projektnummer: 103020

Herausgeber:

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.
Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik
Lilienthalplatz 7, 38108 Braunschweig

ISSN 1614-7790

Stufe der Zugänglichkeit: 1
Braunschweig, im Januar 2014

Institutsdirektor:

Prof. Dr.-Ing. habil. C.-C. Rossow

Verfasser:

Dr.-Ing. J. Wild
MSc Ana Manso Jaume

Abteilung: Transportflugzeuge
Abteilungsleiter:
Dr.-Ing. R. Rudnik

Dieser Bericht enthält:
25 Seiten
2 Referenzen
35 Abbildungen
3 Tabellen

Inhalt

Inhalt	2
Abbildungen	2
Tabellen	3
1 Einleitung.....	5
2 Geometrie.....	5
3 Anströmbedingungen	7
4 Klappenwirksamkeiten	7
4.1 Profilabhängigkeit der Klappenwirksamkeit	8
4.2 Einfluss der Anströmbedingung an den Profilen DU-08-W-180(-6.5).....	9
4.3 Einfluss der Hinterkantendicke auf die Klappenwirksamkeit	9
5 Zusammenfassung	9
6 Referenzen.....	9
7 Abbildungen	10
A Strömungsdetails.....	19
B CFD-Simulation	24

Abbildungen

Abbildung 1: Aufbauprofile des SmartBlades Referenzblattes	6
Abbildung 2: Definition der Klappenparameter am Beispiel des Profils DU-08-W-180 mit 20% Klappentiefe	7
Abbildung 3: geometrische Abbildung des Klappenscharniers.....	7
Abbildung 4: Klappenwirksamkeit hinsichtlich des Auftriebsbeiwerts am Profil DU-91-W2-250	10
Abbildung 5: Klappenwirksamkeit hinsichtlich des Widerstandsbeiwerts am Profil DU-91-W2-250	10
Abbildung 6: Klappenwirksamkeit hinsichtlich des Nickmomentenbeiwerts am Profil DU-91-W2-250	10
Abbildung 7: Klappenwirksamkeit hinsichtlich des Auftriebsbeiwerts am Profil DU-08-W-210	11
Abbildung 8: Klappenwirksamkeit hinsichtlich des Widerstandsbeiwerts am Profil DU-08-W-210	11
Abbildung 9: Klappenwirksamkeit hinsichtlich des Nickmomentenbeiwerts am Profil DU-08-W-210	11
Abbildung 10: Klappenwirksamkeit hinsichtlich des Auftriebsbeiwerts am Profil DU-08-W-210-6.5	12
Abbildung 11: Klappenwirksamkeit hinsichtlich des Widerstandsbeiwerts am Profil DU-08-W-210-6.5	12
Abbildung 12: Klappenwirksamkeit hinsichtlich des Nickmomentenbeiwerts am Profil DU-08-W-210-6.5	12
Abbildung 13: Klappenwirksamkeit hinsichtlich des Auftriebsbeiwerts am Profil DU-08-W-180 bei R=55m.....	13
Abbildung 14: Klappenwirksamkeit hinsichtlich des Widerstandsbeiwerts am Profil DU-08-W-180 bei R=55m.....	13
Abbildung 15: Klappenwirksamkeit hinsichtlich des Nickmomentenbeiwerts am Profil DU-08-W-180 bei R=55m.....	13

Abbildung 16: Klappenwirksamkeit hinsichtlich des Auftriebsbeiwerts am Profil DU-08-W-180 bei R=65m.....	14
Abbildung 17: Klappenwirksamkeit hinsichtlich des Widerstandsbeiwerts am Profil DU-08-W-180 bei R=65m.....	14
Abbildung 18: Klappenwirksamkeit hinsichtlich des Nickmomentenbeiwerts am Profil DU-08-W-180 bei R=65m.....	14
Abbildung 19: Klappenwirksamkeit hinsichtlich des Auftriebsbeiwerts am Profil DU-08-W-180-180 bei R=74m	15
Abbildung 20: Klappenwirksamkeit hinsichtlich des Widerstandsbeiwerts am Profil DU-08-W-180 bei R=74m.....	15
Abbildung 21: Klappenwirksamkeit hinsichtlich des Nickmomentenbeiwerts am Profil DU-08-W-180 bei R=74m.....	15
Abbildung 22: Klappenwirksamkeit hinsichtlich des Auftriebsbeiwerts am Profil DU-08-W-180-6.5 bei R=55m	16
Abbildung 23: Klappenwirksamkeit hinsichtlich des Widerstandsbeiwerts am Profil DU-08-W-180-6.5 bei R=55m	16
Abbildung 24: Klappenwirksamkeit hinsichtlich des Nickmomentenbeiwerts am Profil DU-08-W-180-6.5 bei R=55m	16
Abbildung 25: Klappenwirksamkeit hinsichtlich des Auftriebsbeiwerts am Profil DU-08-W-180-6.5 bei R=65m	17
Abbildung 26: Klappenwirksamkeit hinsichtlich des Widerstandsbeiwerts am Profil DU-08-W-180-6.5 bei R=65m	17
Abbildung 27: Klappenwirksamkeit hinsichtlich des Nickmomentenbeiwerts am Profil DU-08-W-180-6.5 bei R=65m	17
Abbildung 28: Klappenwirksamkeit hinsichtlich des Auftriebsbeiwerts am Profil DU-08-W-180-6.5 bei R=74m	18
Abbildung 29: Klappenwirksamkeit hinsichtlich des Widerstandsbeiwerts am Profil DU-08-W-180-6.5 bei R=74m	18
Abbildung 30: Klappenwirksamkeit hinsichtlich des Nickmomentenbeiwerts am Profil DU-08-W-180-6.5 bei R=74m	18

Tabellen

Tabelle 1: verwendete Aufbauprofile aus dem SmartBlades-Referenzblatt.....	5
Tabelle 2: Anströmbedingungen an den Aufbauprofilen bei Nennbetrieb	7

1 Einleitung

Der vorliegende Bericht stellt berechnete Klappenwirksamkeiten an den Aufbauprofilen des in dem vom BMU geförderten Projekt SmartBlades verwendeten Referenzblattes [1] vor. Die Berechnungen erfolgten mittels CFD-Simulationen am zweidimensionalen Profilschnitt mit dem strukturierten DLR-Verfahren FLOWer [2]. Details zu der verwendeten CFD-Simulation finden sich in Anhang B.

2 Geometrie

Die verwendeten Profile bilden die Aufbauschnitte des SmartBlades Referenzblattes. Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die verwendeten Profile und deren radiale Position am Windkraftanlagenblatt. Die Profile sind in Abbildung 1 dargestellt.

Bei den Profilen gab es zu Beginn der Arbeiten noch die Abweichung, dass das Profile DU-08-W-180 eine spitze Hinterkante aufwies, während die Profile DU-91-W1-250 und DU-08-W-210 mit einer endlich dicken Hinterkante beschrieben wurde. Zur Angleichung wurden in einem zweiten Schritt die Hinterkante des Profils DU-08-W-180 aufgedickt, um auch hier eine endlich dicke Hinterkante zu erhalten. Die Hinterkante des Profils DU-08-W-210 wurde ebenfalls aufgedickt, um eine gleichmäßige Verteilung der Hinterkantendicke zu erreichen. Für die Ermittlung der Klappenwirksamkeiten wurden beide Versionen dieser Profile berechnet.

Tabelle 1: verwendete Aufbauprofile aus dem SmartBlades-Referenzblatt

	Radiale Position [m]	Lokale Profiltiefe [m]
DU-91-W2-250	34,5	3,442
DU-08-W-210	45	2,831
DU-08-W-180(-6.5)	55	2,384
DU-08-W-180(-6.5)	65	2,039
DU-08-W-180(-6.5)	74	1,803

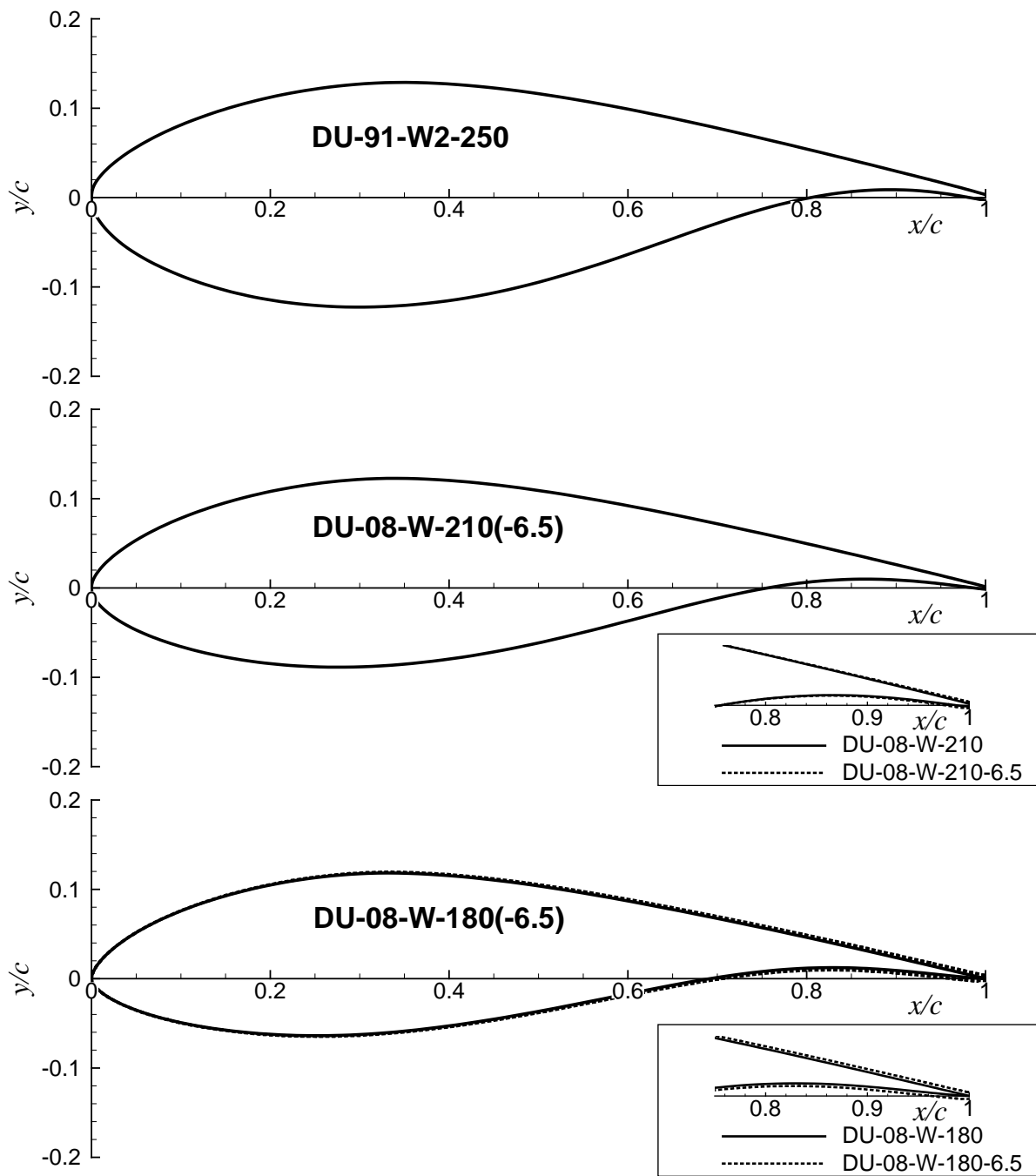


Abbildung 1: Aufbauprofile des SmartBlades Referenzblattes

3 Anströmbedingungen

Für die Strömungsberechnung wurden die Profile in dimensionslose Koordinaten umgerechnet, was durch eine Normierung auf die Länge 1 erreicht wird. Unter Zugrundelegung der für das Referenzblatt vorgesehenen Normbetriebsbedingung mit einer Schnellaufzahl von 8.5 ergeben sich die in Tabelle 2 angegebenen dimensionslosen Anströmparameter.

Tabelle 2: Anströmbedingungen an den Aufbauprofilen bei Nennbetrieb

	Radiale Position [m]	Machzahl [-]	Reynoldszahl [10^6]
DU-91-W2-250	34,5	0,1077	7,89
DU-08-W-210(-6.5)	45	0,1405	8,47
DU-08-W-180(-6.5)	55	0,1717	8,72
	65	0,2029	8,81
	74	0,2310	8,87

4 Klappenwirksamkeiten

Die Klappenwirksamkeiten wurden für verschiedene Größen und Ausschlagwinkel einer starren Hinterkantenklappe nach dem Wölbklappenprinzip ermittelt. Für jedes Profil wurden lokale Klappentiefen von 10 – 30% der lokalen Profiltiefe und Ausschlagwinkel im Bereich -10° – $+10^\circ$ vorgesehen. Abbildung 2 zeigt die verwendeten Parameter am Beispiel einer 20% tiefen Klappe am Profil DU-08-W-180.

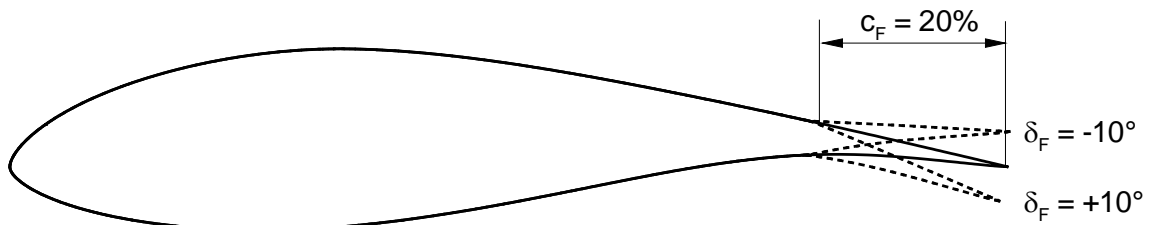


Abbildung 2: Definition der Klappenparameter am Beispiel des Profils DU-08-W-180 mit 20% Klappentiefe

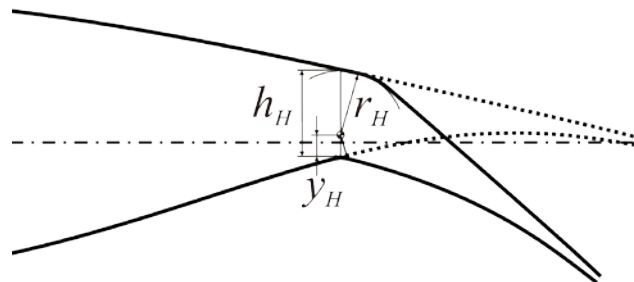


Abbildung 3: geometrische Abbildung des Klappenscharniers

Die Klappe ist als starre Wölbklappe vorgesehen. Für die Strömungssimulation wird der Bereich des Klappenscharniers ohne Spalt idealisiert (Abbildung 3). Die Abrundung des Klappenknicks ergibt sich aus dem Radius vom gedachten Scharnierpunkt zur Profilkontur, wobei die vorliegenden Rechnungen alle von einer mittigen Scharnierlage $y_H/h_H = 0.5$ ausgehen. Die konkave Seite des Ruderscharniers wird in den vorliegenden Rechnungen ausgerundet. Dies erlaubt eine automatisierte Umsetzung im CFD

unabhängig vom Vorzeichen des Ruderausschlags. Ein Einfluss auf die aerodynamischen Parameter ist nicht zu erwarten.

Für die Profile ohne Klappenausschlag wurden Polaren in einem Anstellwinkelbereich berechnet, der sowohl bei positiven als auch negativen Anstellwinkeln das Einsetzen der Strömungsablösung und den dazugehörigen Auf-, bzw. Abtriebseinbruch abdeckt. Für die Berechnungen mit Klappenausschlag wurde der Anstellwinkel in einem Bereich von -10° – $+10^\circ$ berechnet. Insgesamt wurden somit 1040 Strömungsberechnungen durchgeführt.

Die folgende Analyse gibt die Profilkennwerte für Auftrieb, Widerstand und Nickmoment in Abhängigkeit der untersuchten Parameter wieder. Die Diagramme sind, um Doppelungen zu vermeiden, im Abschnitt 7 zusammengefasst. In den Abbildungen werden zwei Farbkodierungen verwendet, um gleichzeitig die Abhängigkeit der Sensitivität von der Klappentiefe (Linienfarbe) und dem Klappenausschlag (Symbolfarbe) darzustellen.

Zum tieferen Verständnis der Strömungstopologie sind in Anhang A für jedes Profil ohne weitere Detailbeschreibung Abbildungen des Strömungsfeldes und der Profildruckverteilung für je drei Klappentiefen und -ausschlagwinkel bei fünf Anstellwinkeln dargestellt, die den untersuchten Bereich der Klappenwirksamkeiten abdecken

4.1 Profilabhängigkeit der Klappenwirksamkeit

Als erstes werden die Eigenschaften und Unterschiede in der Klappenwirksamkeit aufgrund der unterschiedlichen Profilierungen aufgezeigt. Alle Profile zeigen einheitlich aber in unterschiedlicher Ausprägung wesentliche Merkmale.

Bei der Verwendung des größten positiven Klappenausschlags tritt bei der größten Klappentiefe eine Ablösung der Oberseitenströmung bereits bei geringen positiven Anstellwinkeln auf. Diese Ablösung führt bei allen Profilen bei hohen Anstellwinkeln zur Verringerung der Kontrollautorität bezüglich des Auftriebsbeiwerts. Bei negativen Anstellwinkeln tritt bei den dickeren Profilen DU-91-W2-250 und DU-08-W-210(-6.5) ebenfalls eine Ablösung auf. Beim dicksten Profil tritt diese Ablösung unabhängig von Klappengröße und Ausschlagwinkel auf, bei den 21% dicken Profilen nur bei dem größten negativen Ausschlagwinkel. Die Ablösung beeinflusst die Strömung so, dass die Sensitivität auf die Klappengröße nicht mehr sichtbar ist. Eine generelle Wirksamkeit der Klappe bleibt aber in reduziertem Maße erhalten.

Betrachtet man den Bereich, in dem der Auftriebsbeiwert ein lineares Verhalten in Bezug auf die variierten Parameter zeigt, verhalten sich die drei dickeren Profile DU-91-W2-250 und DU-08-W-210(-6.5) ähnlich. Eine lineare Abhängigkeit von der Klappengröße und dem Ausschlagwinkel kann bei negativem Klappenausschlag nur im positiven Anstellwinkelbereich und bei positivem Klappenausschlag nur im Anstellwinkelbereich -5° – 0° festgestellt werden. Die dünnere Profildfamilie DU-08-W-180(-6.5) zeigt ein lineares Verhalten bei negativem Klappenausschlag auch bei negativen Anstellwinkeln und für positiven Klappenausschlag bis $+5^\circ$ auch bei leicht positiven Anstellwinkeln bis $+5^\circ$.

Die Sensitivität des Widerstandsbeiwertes zeigt sich konsistent mit dem Auftreten der Ablösung und der diesbezüglichen Sensitivität des Auftriebsbeiwertes, mit der Ausnahme, dass die beobachtete fehlende Sensitivität auf die Klappengröße bei negativen Anstellwinkeln nicht auftritt.

Auch beim Nickmomentenbeiwert zeigt sich der dominante Effekt der auftretenden Ablösung. Das Auftreten der Ablösung beeinflusst die Wirksamkeit hinsichtlich des

Nickmomentenbeiwert konsistent mit der auf den Auftriebsbeiwert. Die Nicht-Linearität beginnt allerdings im Bezug auf den Nickmomentenbeiwert bei positiven Anstellwinkeln früher als im Auftriebsbeiwert sichtbar.

4.2 Einfluss der Anströmbedingung an den Profilen DU-08-W-180(-6.5)

Das Profil DU-08-W-180-6.5 wird am Referenzblatt über einen größeren Bereich der Blattspannweite eingesetzt. Es ist daher sinnvoll an diesem Profil die Auswirkung der sich ändernden Anströmung darzustellen. Es ist darauf hinzuweisen, dass vor allem die Anströmmachzahl sich in einem Bereich ändert, der die Zunahme kompressibler Effekte in der Strömung erwarten lässt.

Die beobachteten Änderungen sind allerdings marginal und erst bei wesentlich detaillierterer Analyse sichtbar. Für die Charakterisierung der Klappenwirksamkeit erscheint dieser Parameter im betrachteten Bereich der Anströmbedingungen aber als nicht relevant

4.3 Einfluss der Hinterkantendicke auf die Klappenwirksamkeit

Der Einfluss der dicken Hinterkante lässt sich am dünneren Profil am deutlichsten beobachten. Durch die dicke Hinterkante ist der Auftriebsbruch bei positiven Anstellwinkeln und dem größten positiven Anstellwinkel stärker, deutlich sichtbar auch im Nickmomentenbeiwert. Hier ist die Sensitivität bei positivem Ausschlag und hohem Anstellwinkel auf die Klappengröße umgekehrt.

5 Zusammenfassung

Für die Auslegung einer Hinterkantenklappe an einem Windkraftanlagenblatt wurde die Abhängigkeit der Profilpolaren von den charakteristischen Größen der Klappe untersucht. Bei den vorliegenden Rechnungen handelt es sich um rein zweidimensionale Betrachtungen.

Die vorliegenden Profile zeigen nur in einem eingeschränkten Bereich eine lineare Abhängigkeit von den untersuchten Parametern, weitestgehend nur bei Bedingungen, bei denen sich das Vorzeichen von Anstellwinkel und Klappenausschlagswinkel unterscheidet. Bei positiven Anstellwinkeln geht bei großen Klappentiefen die gesamte Sensitivität auf den Klappenausschlag verloren, bei negativen Anstellwinkeln ist dagegen die Größe der Klappe ohne Bedeutung.

Beim dünnen Profil zeigt sich ein Einfluss der Hinterkantendicke. Bei ideal spitzer Hinterkante des Profils zeigt sich vor allem im Nickmomentenbeiwert bei hohen Anstell- und Ausschlagswinkeln, wo eine Umkehr der Sensitivität auf die Klappentiefe auftritt.

6 Danksagung

Diese Arbeit wird finanziert durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit im Rahmen des Verbundforschungsprojektes Smart Blades, einer gemeinsamen Forschung des Forschungsverbunds ForWind, dem DLR und dem Fraunhofer Institut für Windenergie & Energiesystemtechnologie IWES.

7 Referenzen

- [1] Braun, R. (2013) Vorläufige Geometrie des Referenzblatts – Projekt SmartBlades, Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES).
- [2] Raddatz, J. und Fassbender, J.K. (2005) Block Structured Navier-Stokes Solver FLOWer. In: MEGAFLOW - Numerical Flow Simulation for Aircraft Design, 89, Seiten 27-44. Springer Verlag. ISBN 3-540-24383-6.

8 Abbildungen

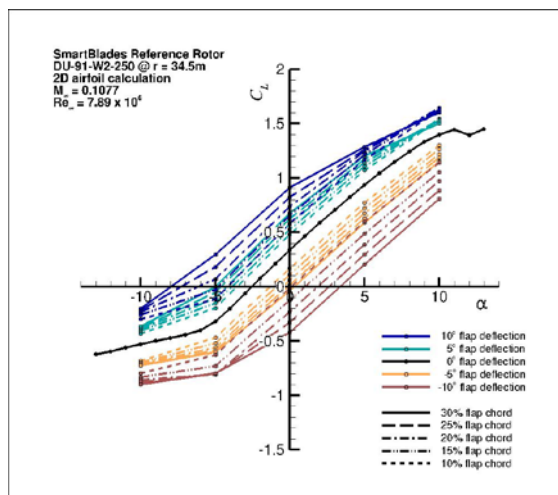
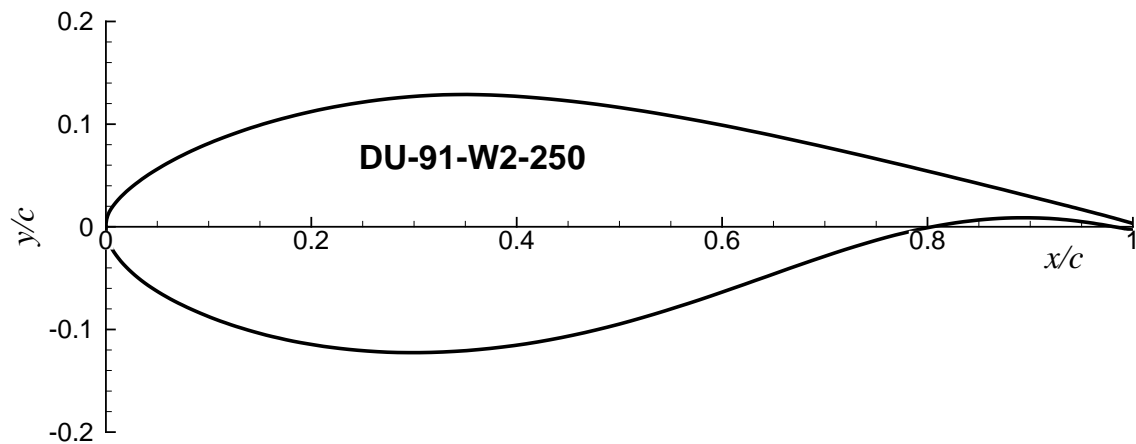


Abbildung 4: Klappenwirksamkeit hinsichtlich des Auftriebsbeiwerts am Profil DU-91-W2-250

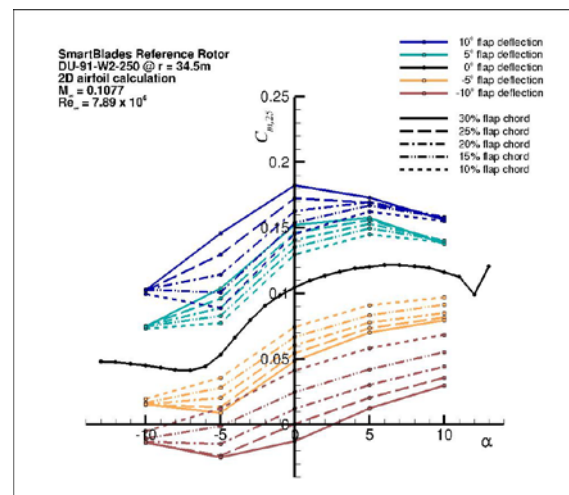


Abbildung 6: Klappenwirksamkeit hinsichtlich des Nickmomentenbeiwerts am Profil DU-91-W2-250

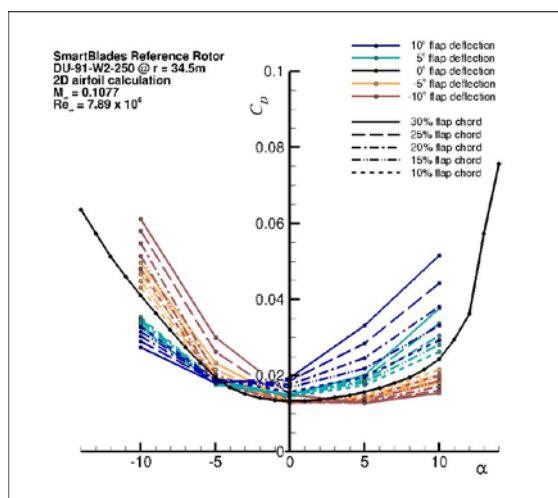


Abbildung 5: Klappenwirksamkeit hinsichtlich des Widerstandsbeiwerts am Profil DU-91-W2-250

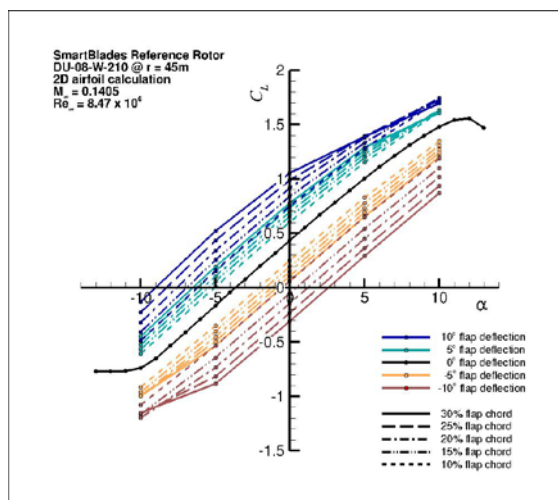
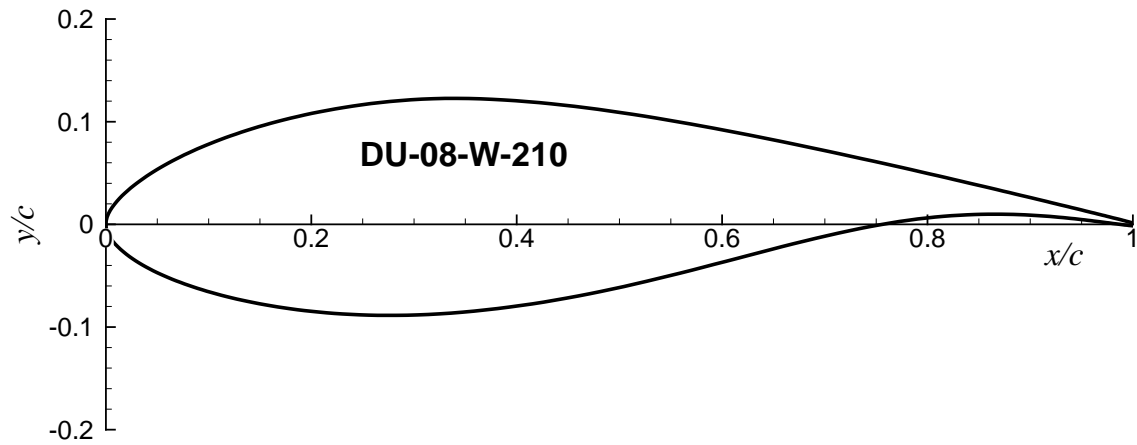


Abbildung 7: Klappenwirksamkeit hinsichtlich des Auftriebsbeiwerts am Profil DU-08-W-210

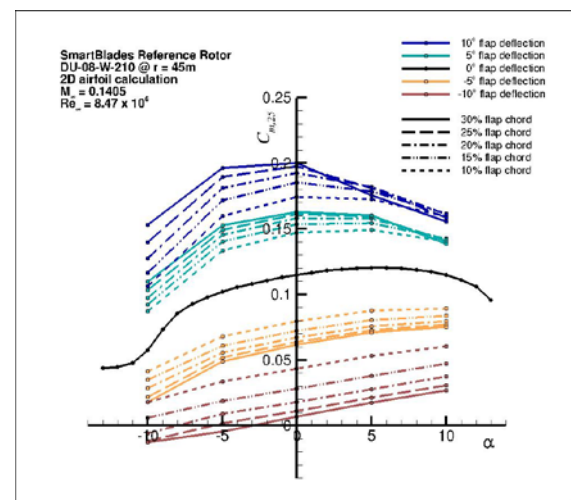


Abbildung 9: Klappenwirksamkeit hinsichtlich des Nickmomentenbeiwerts am Profil DU-08-W-210

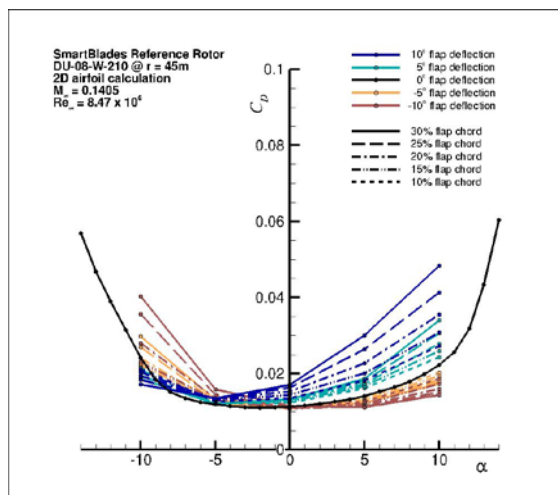


Abbildung 8: Klappenwirksamkeit hinsichtlich des Widerstandsbeiwerts am Profil DU-08-W-210

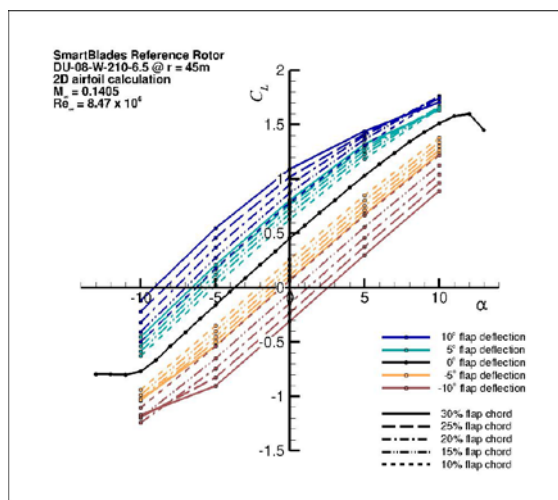
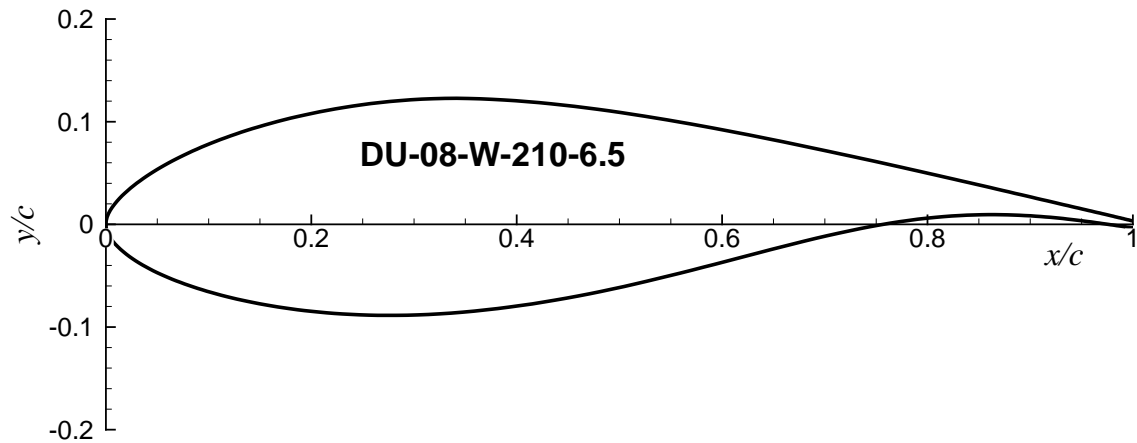


Abbildung 10: Klappenwirksamkeit hinsichtlich des Auftriebsbeiwerts am Profil DU-08-W-210-6.5

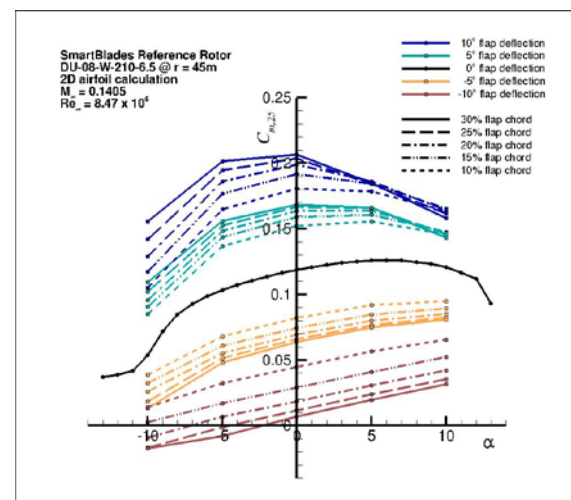


Abbildung 12: Klappenwirksamkeit hinsichtlich des Nickmomentenbeiwerts am Profil DU-08-W-210-6.5

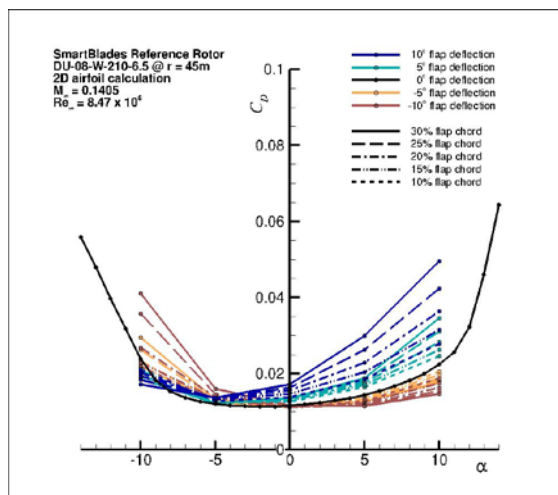


Abbildung 11: Klappenwirksamkeit hinsichtlich des Widerstandsbeiwerts am Profil DU-08-W-210-6.5

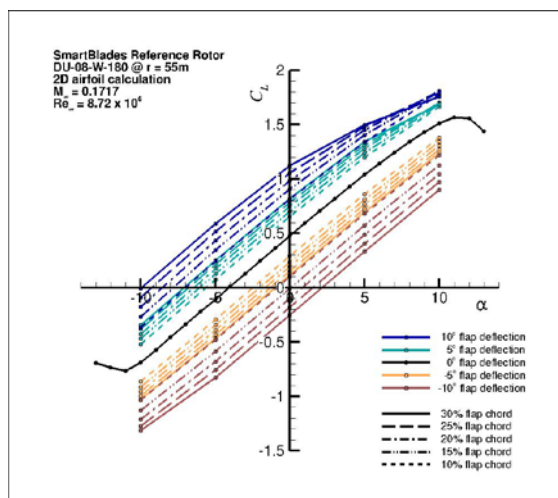
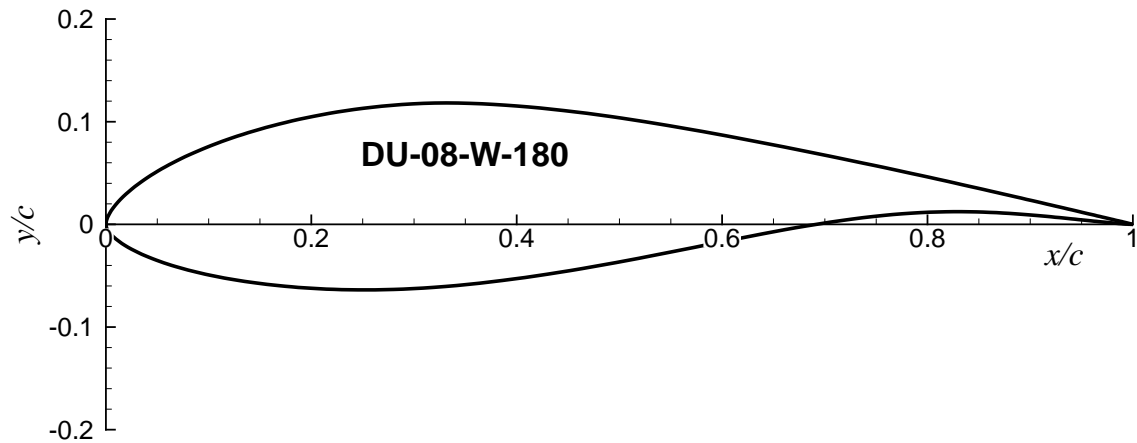


Abbildung 13: Klappenwirksamkeit hinsichtlich des Auftriebsbeiwerts am Profil DU-08-W-180 bei $R=55m$

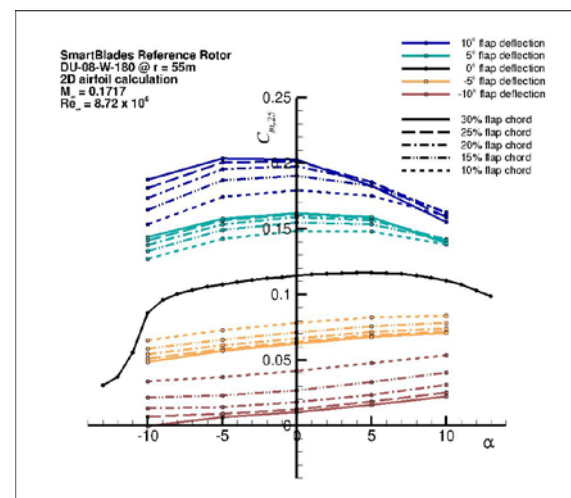


Abbildung 15: Klappenwirksamkeit hinsichtlich des Nickmomentenbeiwerts am Profil DU-08-W-180 bei $R=55m$

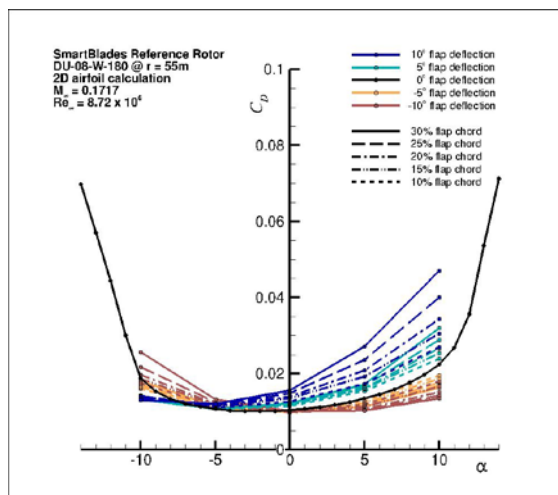


Abbildung 14: Klappenwirksamkeit hinsichtlich des Widerstandsbeiwerts am Profil DU-08-W-180 bei $R=55m$

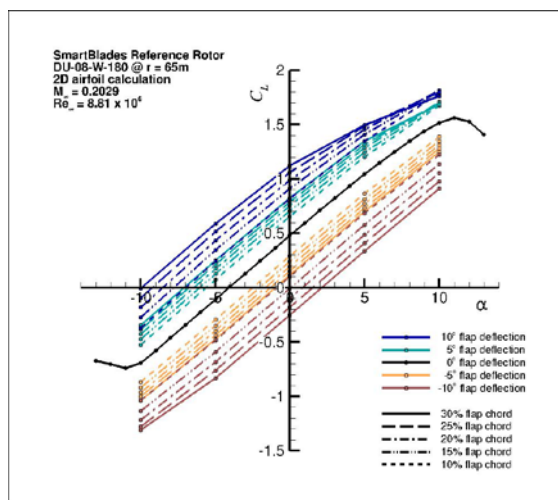
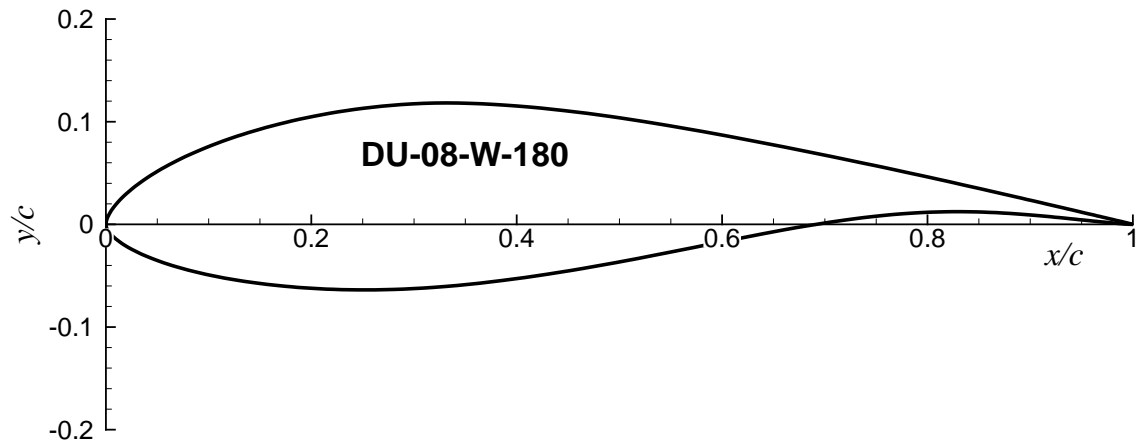


Abbildung 16: Klappenwirksamkeit hinsichtlich des Auftriebsbeiwerts am Profil DU-08-W-180 bei $R=65\text{m}$

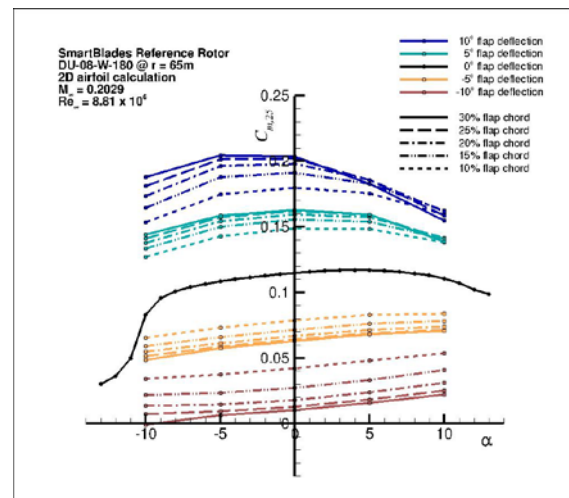


Abbildung 18: Klappenwirksamkeit hinsichtlich des Nickmomentenbeiwerts am Profil DU-08-W-180 bei $R=65\text{m}$

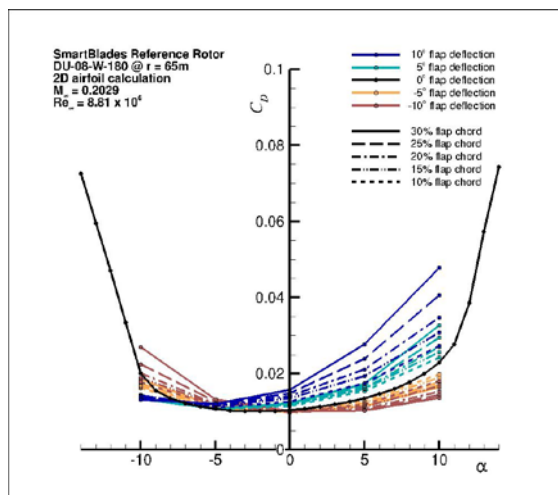


Abbildung 17: Klappenwirksamkeit hinsichtlich des Widerstandsbeiwerts am Profil DU-08-W-180 bei $R=65\text{m}$

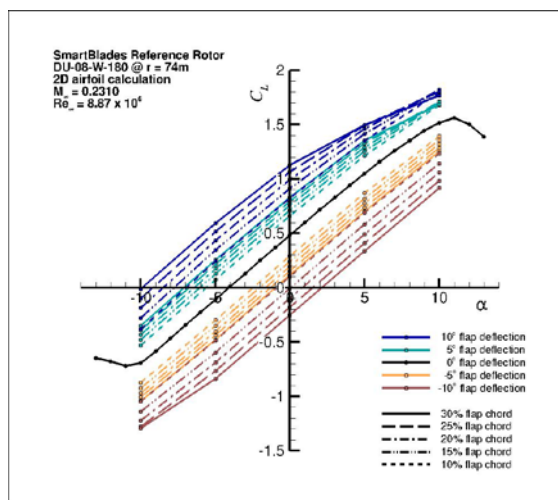
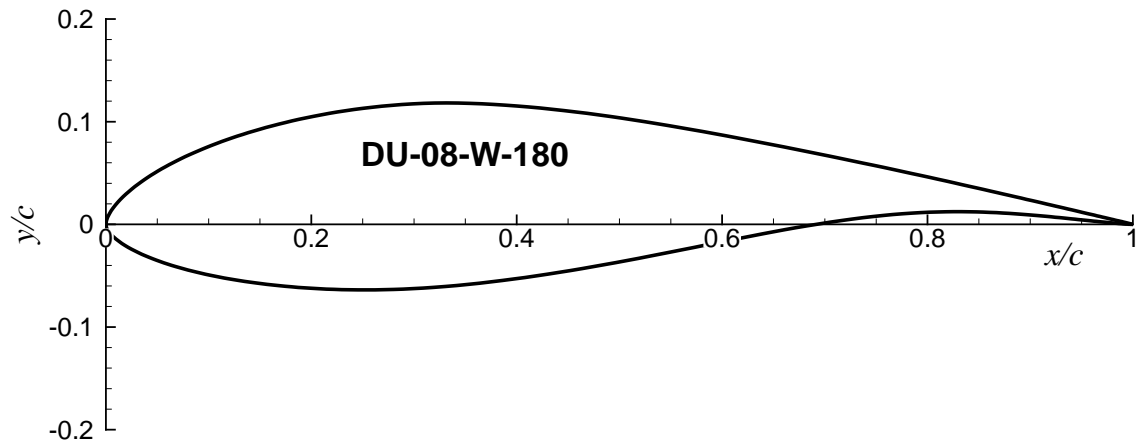


Abbildung 19: Klappenwirksamkeit hinsichtlich des Auftriebsbeiwerts am Profil DU-08-W-180-180 bei $R=74\text{m}$

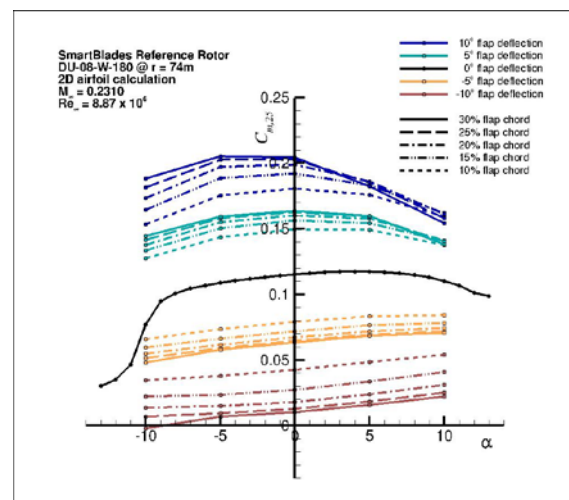


Abbildung 21: Klappenwirksamkeit hinsichtlich des Nickmomentenbeiwerts am Profil DU-08-W-180 bei $R=74\text{m}$

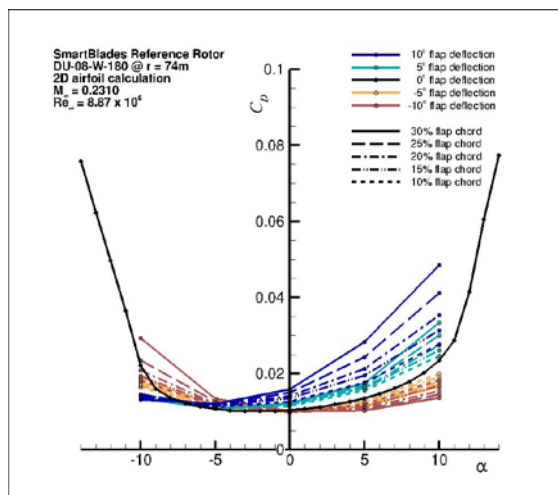


Abbildung 20: Klappenwirksamkeit hinsichtlich des Widerstandsbeiwerts am Profil DU-08-W-180 bei $R=74\text{m}$

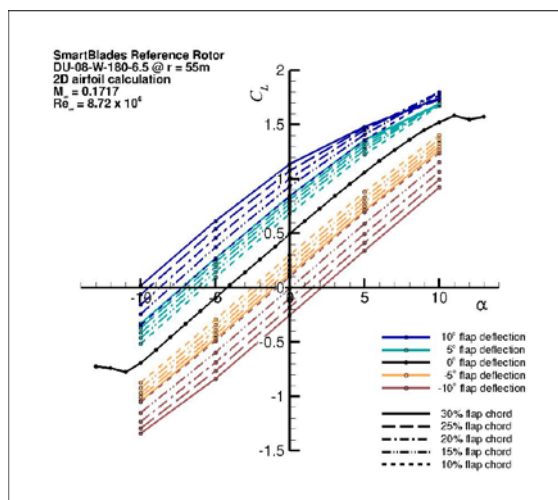
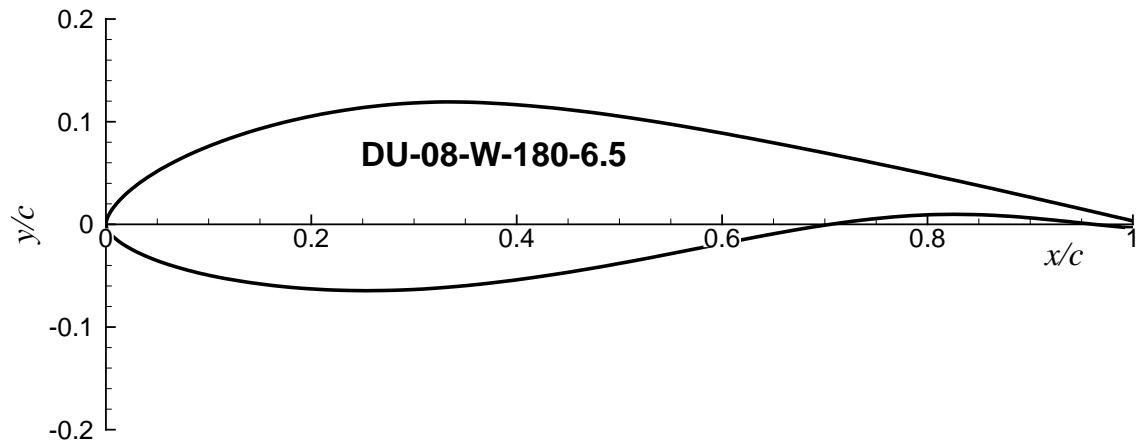


Abbildung 22: Klappenwirksamkeit hinsichtlich des Auftriebsbeiwerts am Profil DU-08-W-180-6.5 bei $R=55m$

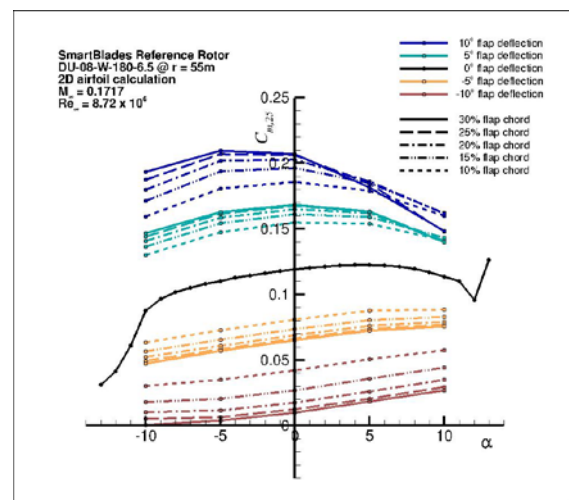


Abbildung 24: Klappenwirksamkeit hinsichtlich des Nickmomentenbeiwerts am Profil DU-08-W-180-6.5 bei $R=55m$

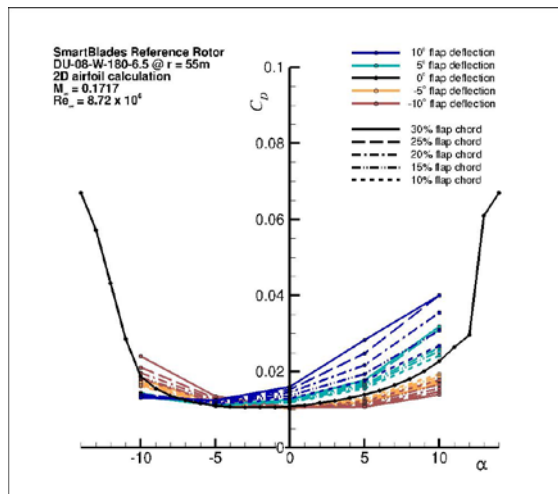


Abbildung 23: Klappenwirksamkeit hinsichtlich des Widerstandsbeiwerts am Profil DU-08-W-180-6.5 bei $R=55m$

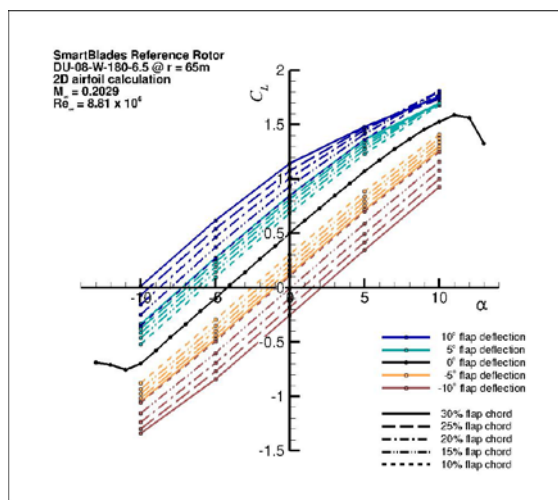
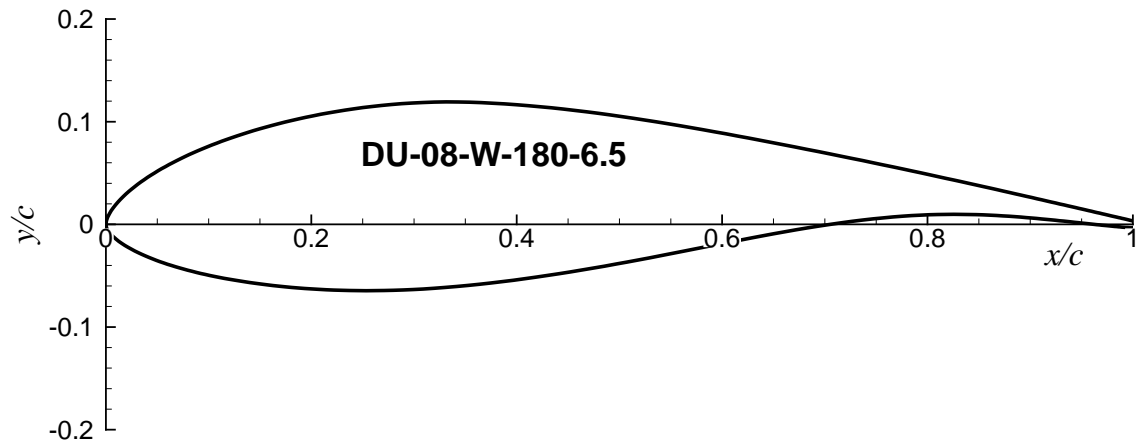


Abbildung 25: Klappenwirksamkeit hinsichtlich des Auftriebsbeiwerts am Profil DU-08-W-180-6.5 bei $R=65\text{m}$

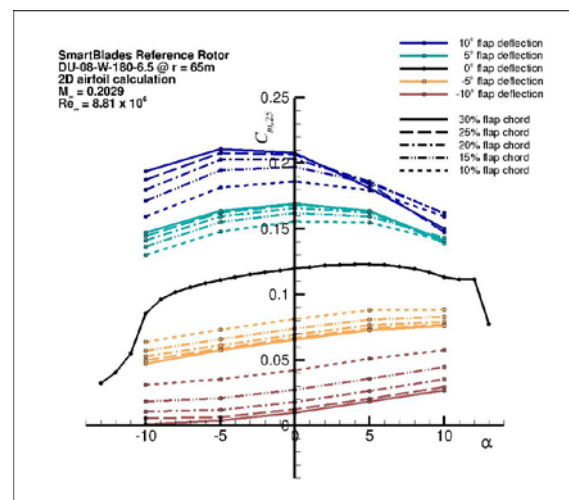


Abbildung 27: Klappenwirksamkeit hinsichtlich des Nickmomentenbeiwerts am Profil DU-08-W-180-6.5 bei $R=65\text{m}$

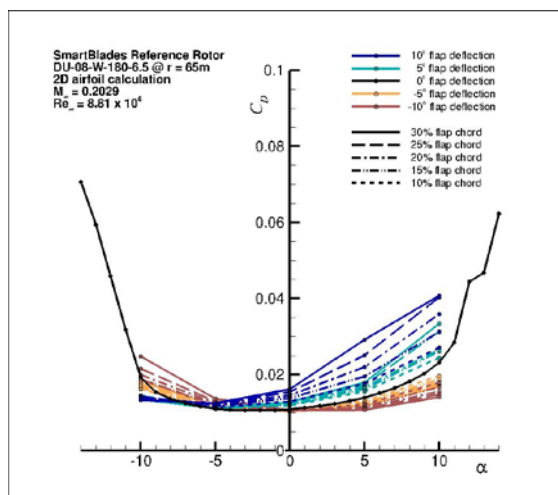


Abbildung 26: Klappenwirksamkeit hinsichtlich des Widerstandsbeiwerts am Profil DU-08-W-180-6.5 bei $R=65\text{m}$

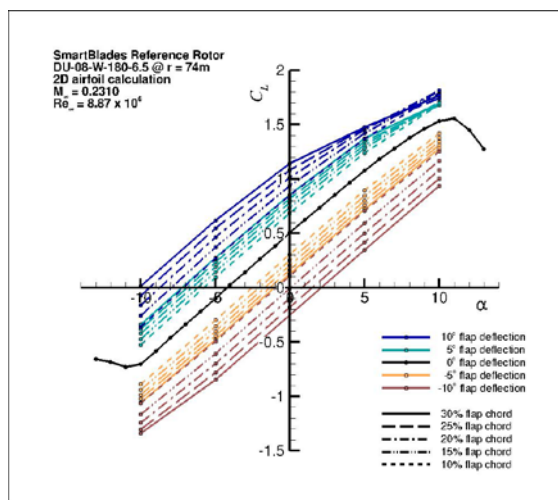
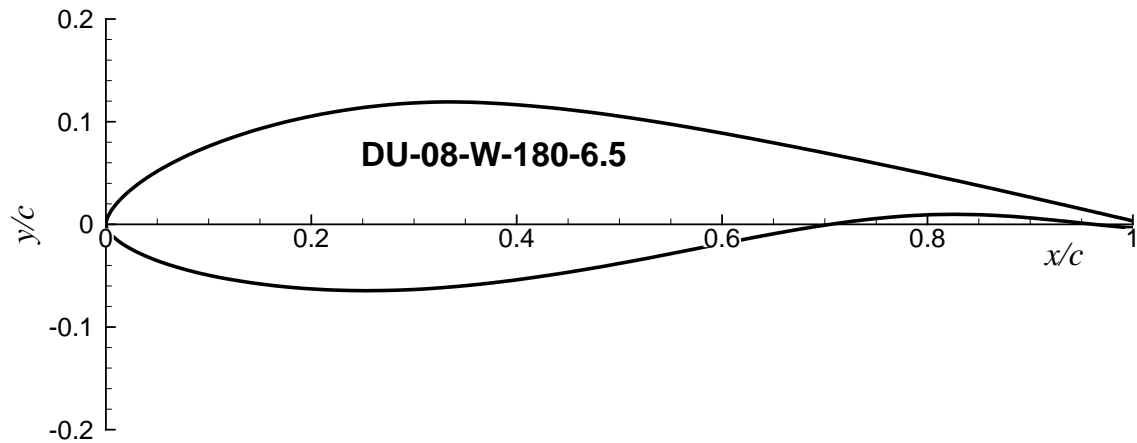


Abbildung 28: Klappenwirksamkeit hinsichtlich des Auftriebsbeiwerts am Profil DU-08-W-180-6.5 bei $R=74\text{m}$

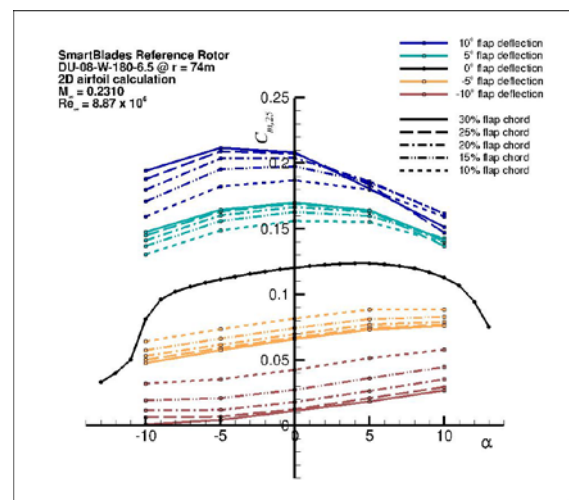


Abbildung 30: Klappenwirksamkeit hinsichtlich des Nickmomentenbeiwerts am Profil DU-08-W-180-6.5 bei $R=74\text{m}$

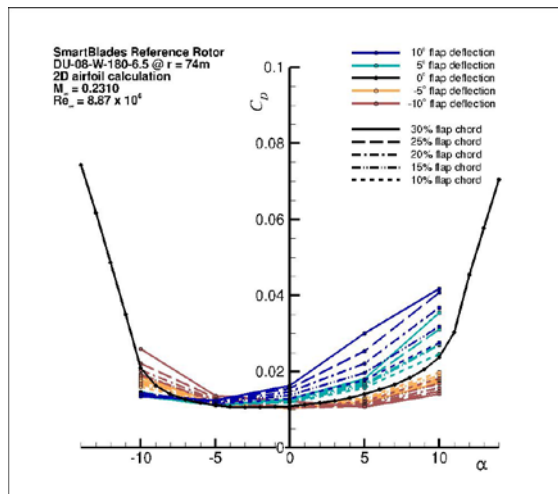
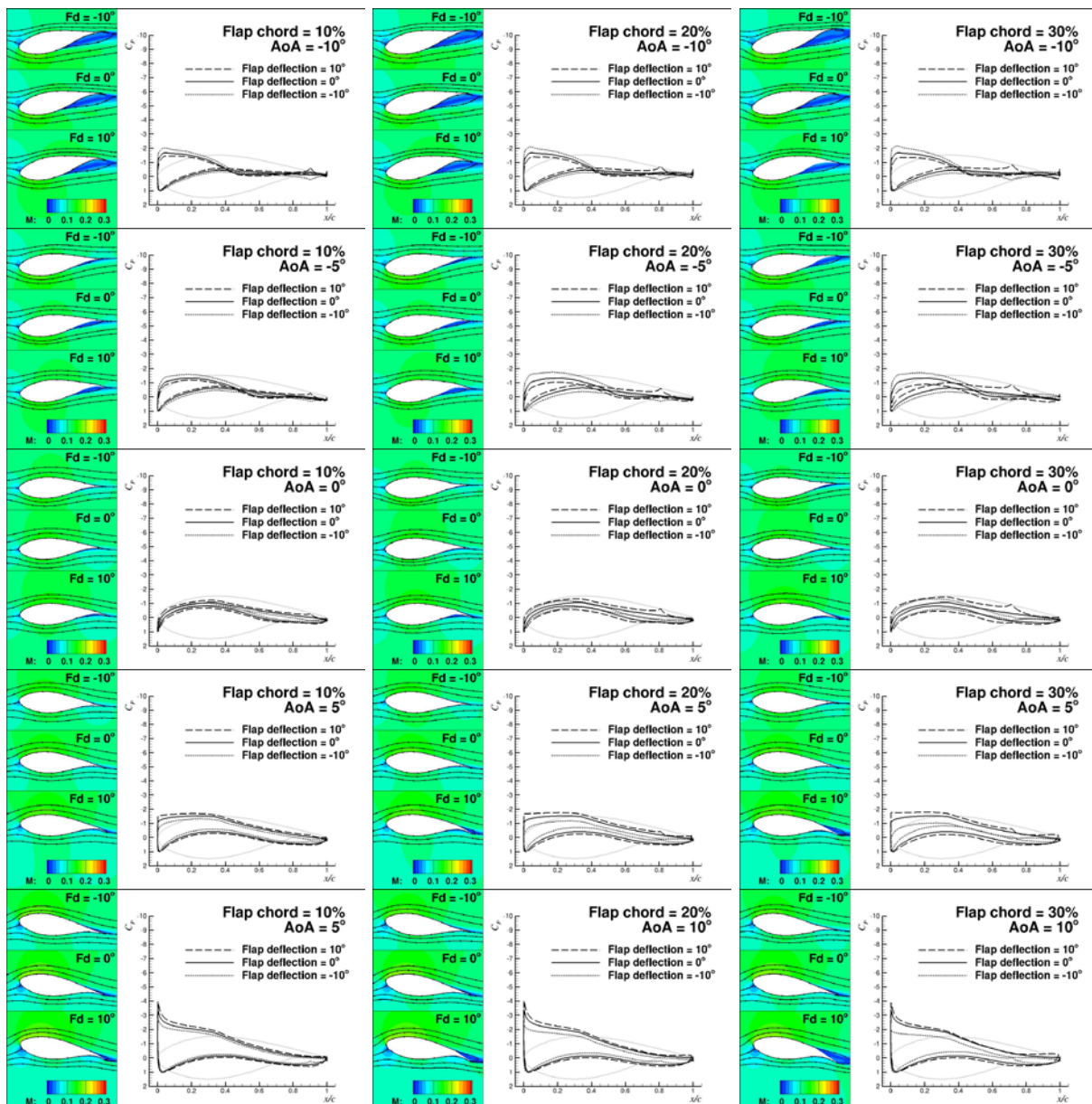
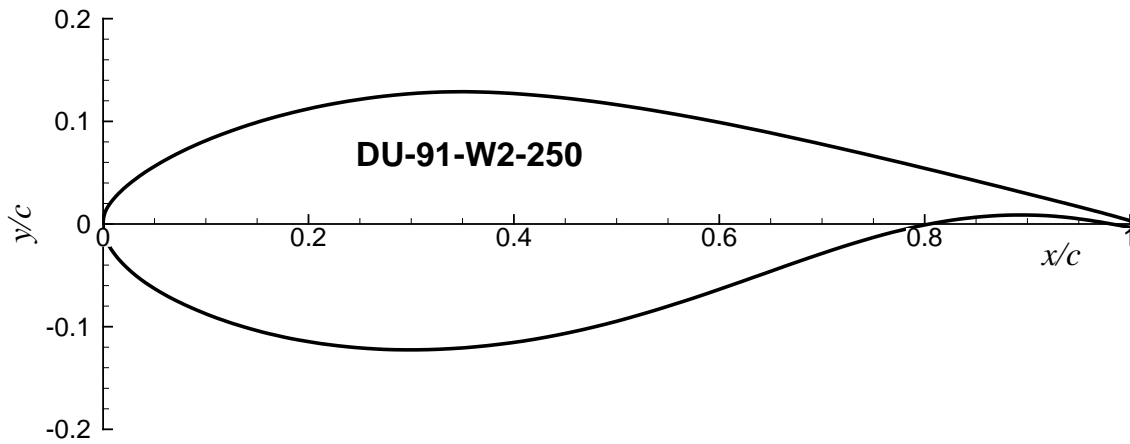
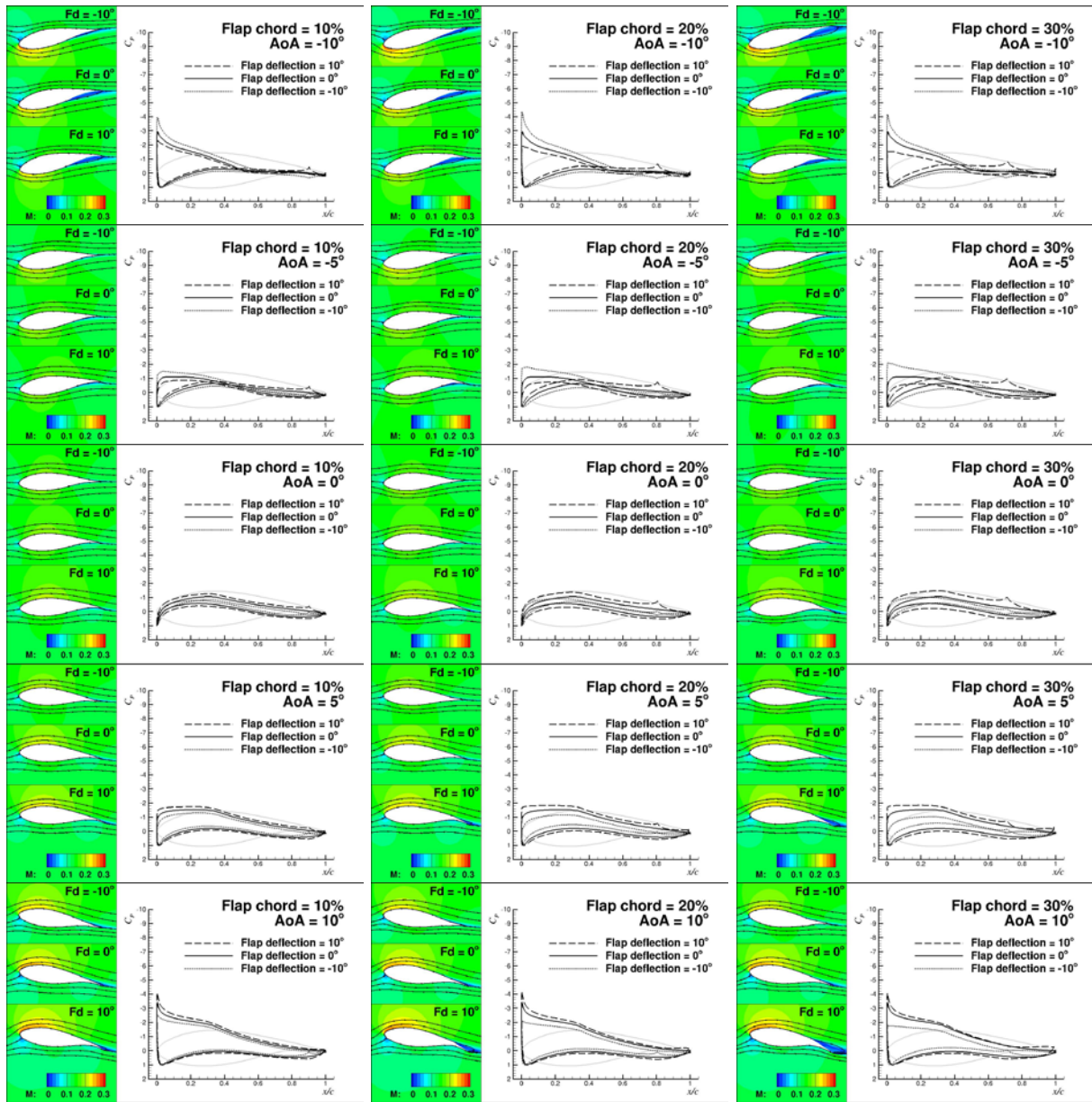
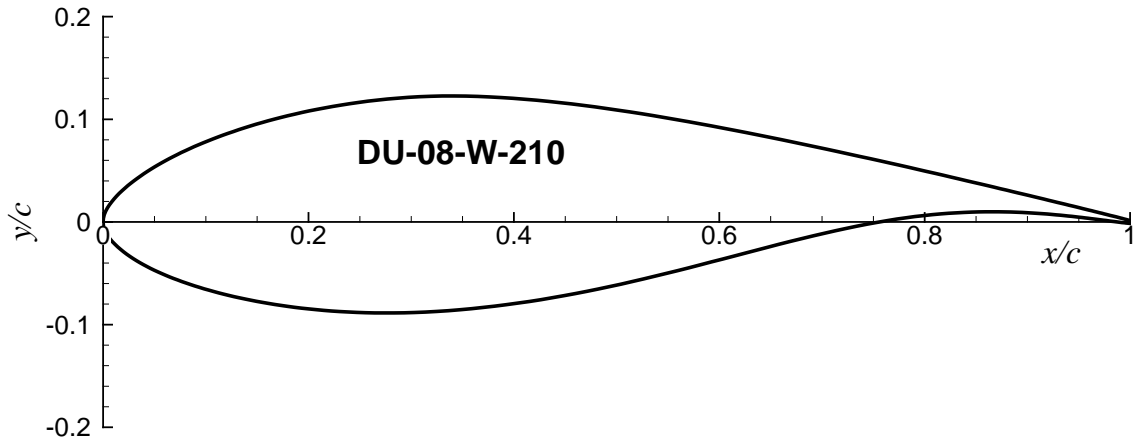
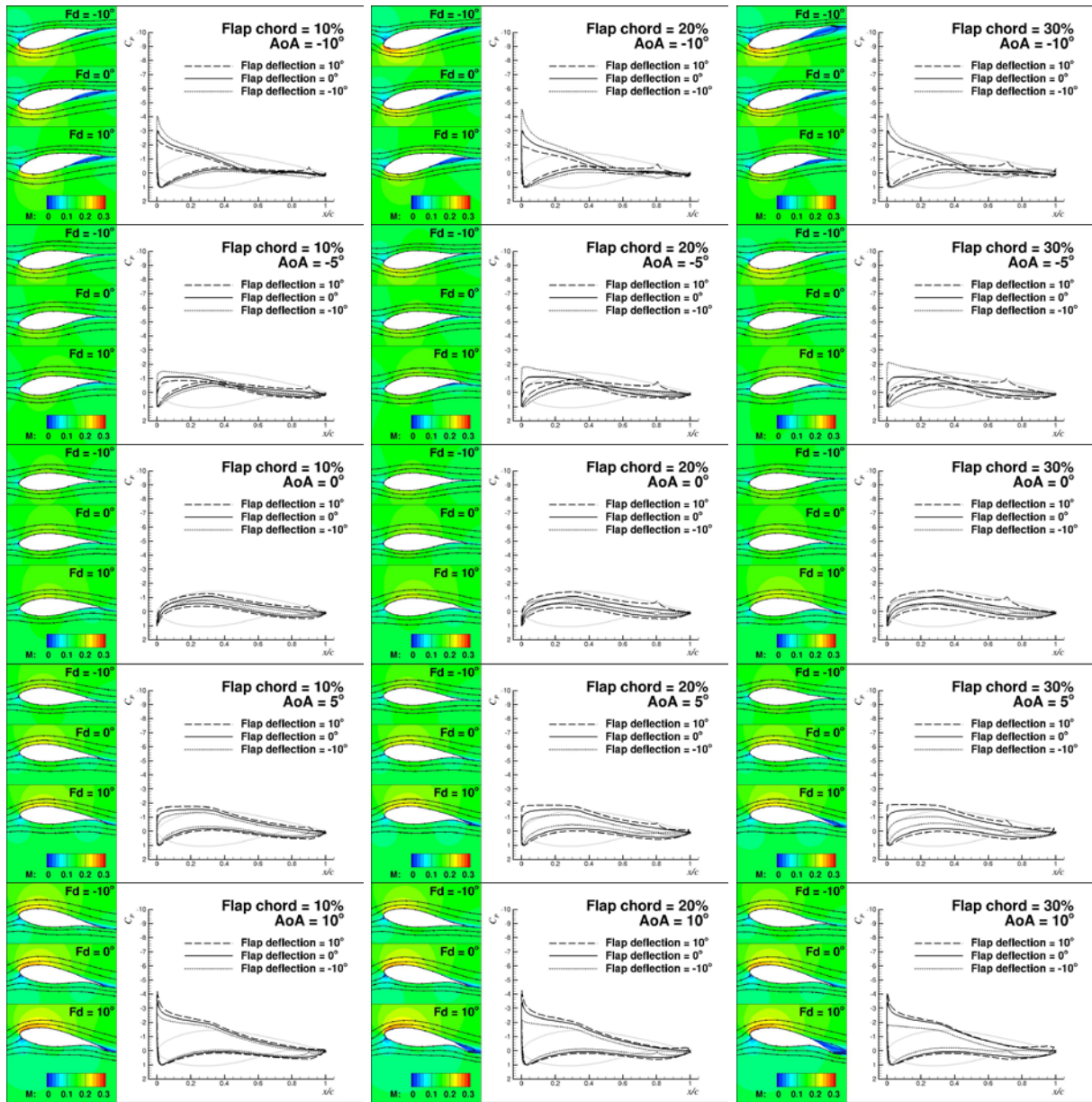
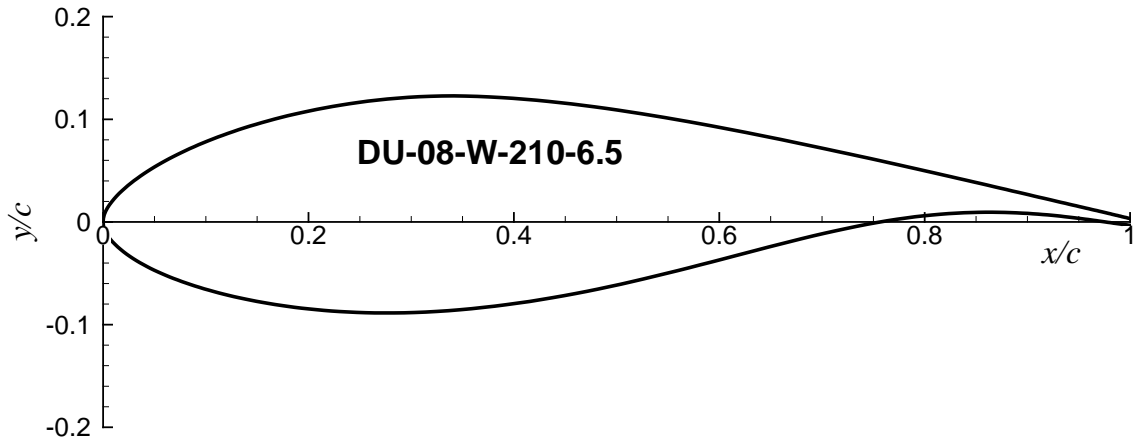


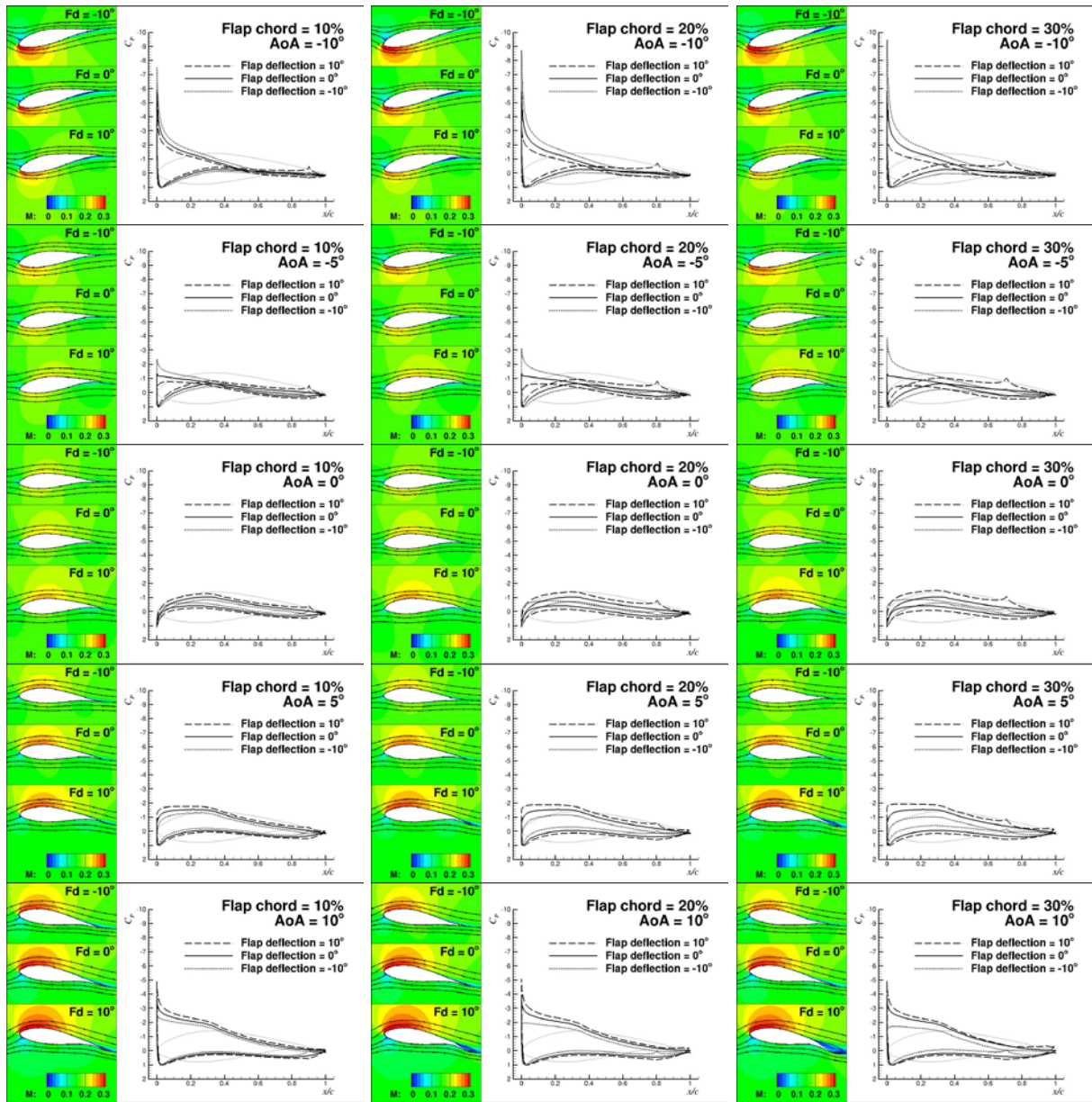
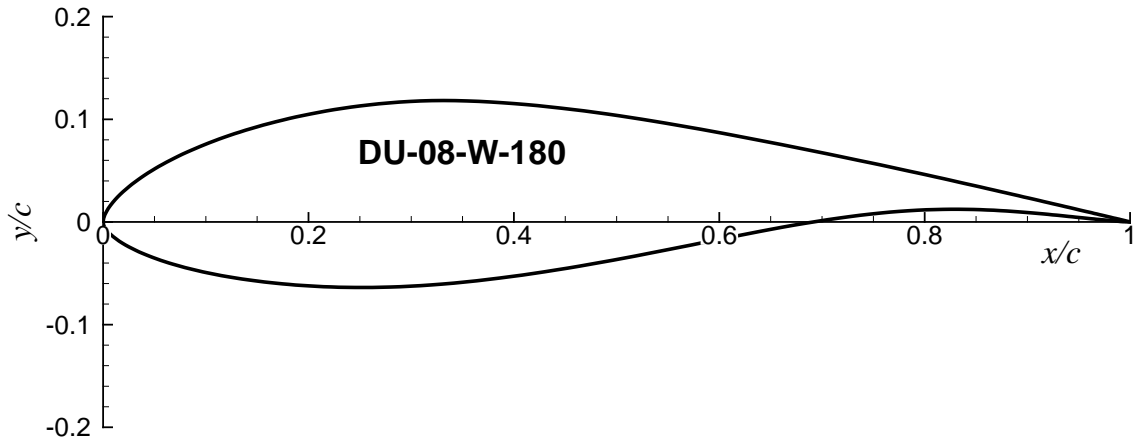
Abbildung 29: Klappenwirksamkeit hinsichtlich des Widerstandsbeiwerts am Profil DU-08-W-180-6.5 bei $R=74\text{m}$

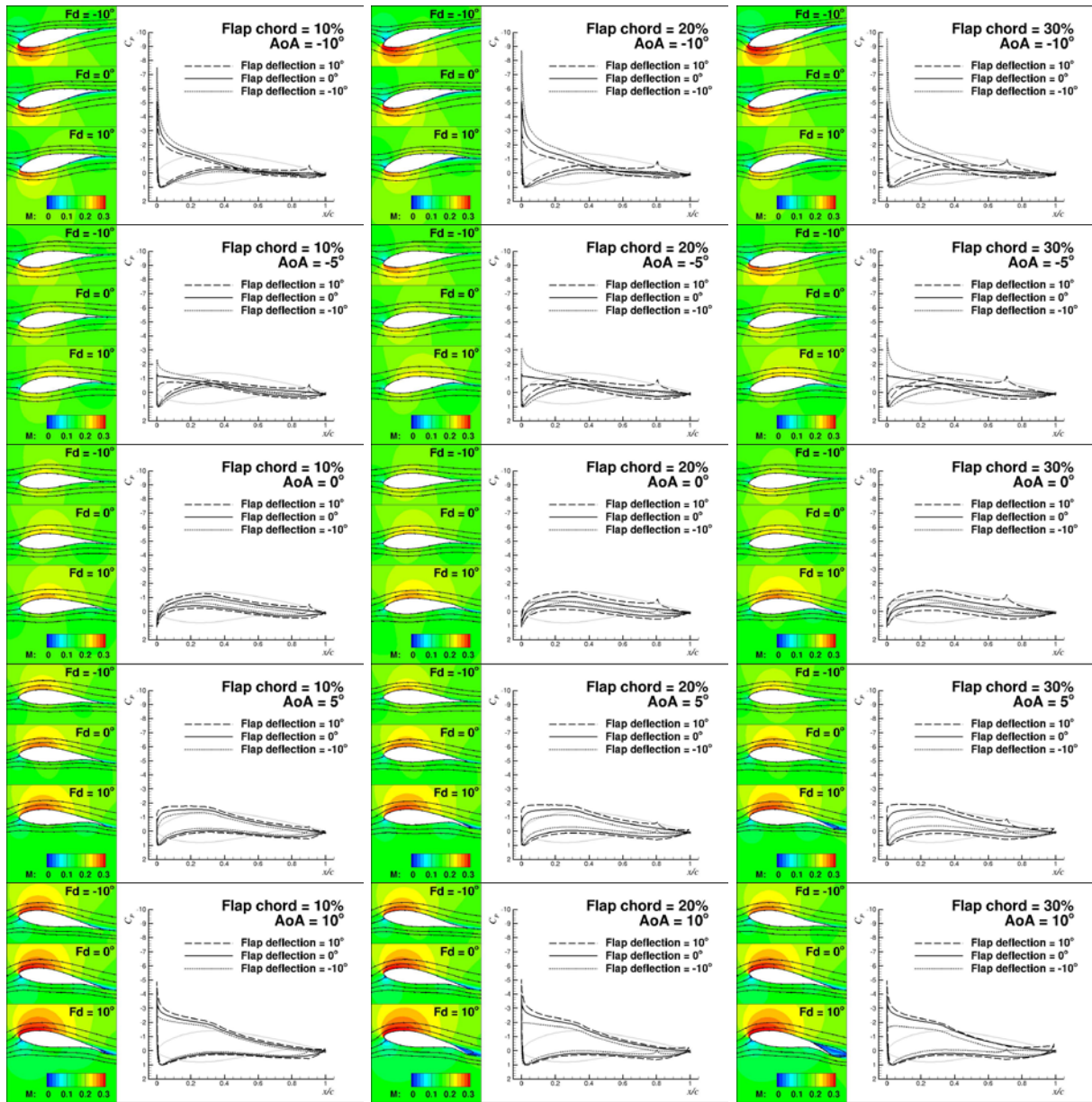
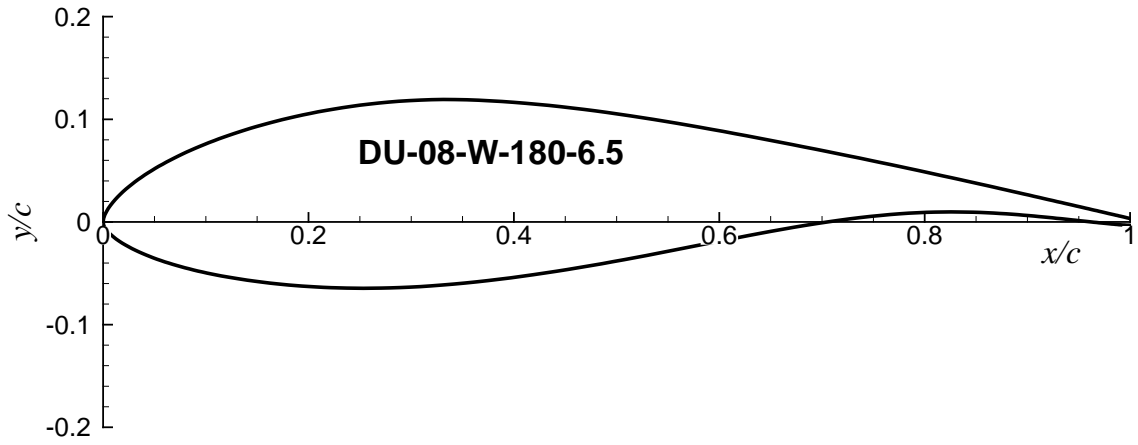
A Strömungsdetails











B CFD-Simulation

Räumliche Diskretisierung	
Netztyp	strukturiert
Netztopologie	C-Netz
Netzauflösung	
Profilumfang	320
Wandnormal	96
Nachlauf	96
Stumpfe Hinterkanten	32
Erster Wandabstand	3×10^{-6} Profiltiefen
Netzgröße	25 Profiltiefen
Strömungslösung	
CFD-Löser	FLOWer
Version	116.18
Strömungstyp	kompressibel
	2D
	stationär
	viskos
	voll-turbulent
Turbulenzmodell	Spalart-Almaras, Edwards-Modifikation
Raumdiskretisierung	Zelleckpunktzentriert
Zeitintegration	5-stufiges Runge-Kutta
Konvergenzbeschleunigung	3-stufiges Mehrgitter (V)
	lokale Zeitschritte
	implizites Residuenglätten

IB 124-2014/1

**Klappenwirksamkeiten an den Aufbauprofilen
des SmartBlades Referenzblattes**

J. Wild, A. Manso Jaume

Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik
Braunschweig

Verteiler:

Institutsleitung DLR-AS (Prof. C.-C. Rossow)	1
Dr.-Ing. R. Rudnik	1
Dr.-Ing. T. Schwarz	1
Dr.-Ing. J. Teßmer (PD-E)	1
O. Huxdorf (DLR-FA)	1
M. Pohl (DLR-FA)	1
C. Icpinar (DLR-FA)	1
R. Bartels (DLR-FT)	1
N.-C. Oltmann (DLR-FT)	1
Deutsche Bibliothek in Frankfurt am Main	1
Niedersächsische Landesbibliothek Hannover	1
Techn. Informationsbibliothek Hannover	1
Institutsbibliothek	1
Zentralbibliothek BS	2
Autoren	2
Reserve	3
Exemplare	20